

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-031837

(43)Date of publication of application : 02.02.1999

(51)Int.Cl.

H01L 31/052  
G02B 5/10

(21)Application number : 09-187973 (71)Applicant : HITACHI LTD

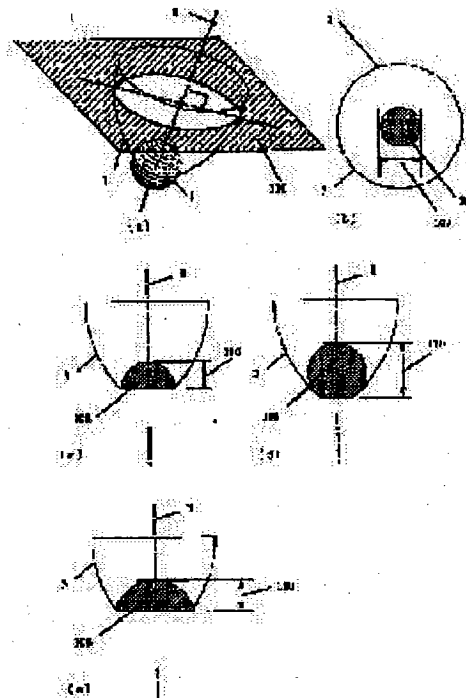
(22)Date of filing : 14.07.1997 (72)Inventor : UEMATSU TSUYOSHI  
KETSUSAKO MITSUNORI  
YAZAWA YOSHIKI  
MURAMATSU SHINICHI  
TSUTSUI KEN  
OTSUKA HIROYUKI

## (54) LIGHT COLLECTING TYPE SOLAR GENERATOR AND MODULE USING IT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the area of an optoelectric transducer, by setting the axial direction maximum height of a projection image of a part made of a semiconductor material on a flat plane parallel to the axis, in the optoelectric transducer positioned in a space, at a specified value or more to the minimum width of the projection image on a flat plane vertical to the axis.

**SOLUTION:** A shape 107 projected to a flat plane 110, which is vertical to the axis 8 of a part that exists within a space formed by a spherical semiconductor material, is made circular, and its width 109 is equivalent to the diameter of the circle of a part where the spherical semiconductor material contacts with a reflection plane 3. A shape 108 projected to a flat plane parallel to the axis 8 is a part of the circle, and the height 110 of the shape 108 in the direction of the axis 8 is varied by a position where an optoelectric transducer is arranged. In the case of arranging the optoelectric transducer in such manner, the height in the axis 8 is set to be  $1/5$  or more of the width 109 of the circle. Thus, the area of the optoelectric transducer is reduced and charging efficiency can be improved.



LEGAL STATUS

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 1 8 3 7

(43)公開日 平成11年(1999)2月2日

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

H 0 1 L 31/052  
G 0 2 B 5/10

F I

H 0 1 L 31/04  
G 0 2 B 5/10

G  
A

審査請求 未請求 請求項の数 1 6

O L

(全 1 4 頁)

(21)出願番号 特願平9-187973

(22)出願日 平成9年(1997)7月14日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 上松 強志

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 藤迫 光紀

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 矢澤 義昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】集光型太陽光発電装置及びこれを用いたモジュール

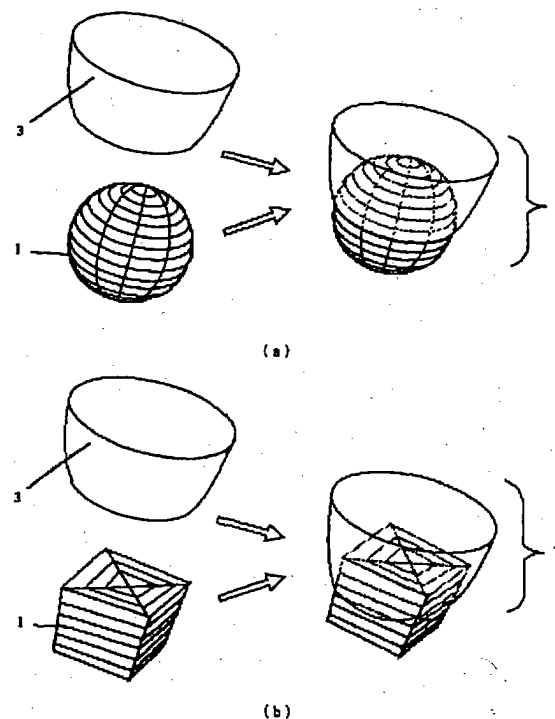
(57)【要約】

【課題】 光電変換装置を用いた集光型太陽光発電装置の集光倍率およびモジュール充填効率を向上させる。

【解決手段】 光電変換装置を、集光反射鏡の曲面状の反射面と開口面とで囲まれ、屈折率が高い媒体で充填された空間内に設置し、集光反射鏡の反射面の形状を、開口面および空間を通る軸を含む任意の面で切り出される反射面の断面における上記軸の両側の辺がそれぞれの辺上の任意の2点の中の開口面側の点が他の点と軸から等距離に位置する関係および他の点より外側に位置する関係の中の少なくとも外側に位置する関係となる軸が存在するように構成する。

【効果】 太陽電池の面積を低減し且つモジュール充填効率を向上できるので、太陽光発電モジュール製造コストの大幅低減が可能となる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】集光反射鏡と、該集光反射鏡の曲面状の反射面と開口面とで囲まれた空間内に、少なくともその一部が位置するように設置された光電変換装置と、上記空間を充填している空気より屈折率が高い媒体を有し、上記反射面の形状は、上記開口面および上記空間を通る軸を含む任意の面で切り出される上記反射面の断面の上記軸の両側の辺がそれぞれの辺上の任意の2点の中の上記開口面側の点が他の点と上記軸から等距離に位置する関係および上記他の点より外側に位置する関係の中の少なくとも上記外側に位置する関係となる上記軸が存在する形状であり、上記空間内に位置する上記光電変換装置の半導体材料で構成された部分の上記軸に平行な平面への投影像の上記軸方向の最大高さは、上記軸に直角な平面への投影像の最小幅の5分の1以上であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項2】請求項1記載の集光型太陽光発電装置において、上記光電変換装置の半導体材料で構成された部分の形状が球状であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項3】請求項1記載の集光型太陽光発電装置において、上記光電変換装置の半導体材料で構成された部分の形状が直方体であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項4】請求項1乃至3記載の集光型太陽光発電装置において、上記反射面の断面の上記軸の両側の辺は対称であり、該辺の曲率の最大値を有する上記反射面の断面と最小値を有する上記反射面の断面とは直交していることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項5】請求項1乃至3記載の集光型太陽光発電装置において、上記軸の両側の辺の長さが異なる上記反射面の断面を有することを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項6】請求項1乃至3記載の集光型太陽光発電装置において、上記軸と上記開口面とは斜交していることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項7】請求項1乃至3に記載の集光型太陽光発電装置において、上記反射面の形状は回転体であり、上記軸は上記回転体の回転軸であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項8】請求項7に記載の集光型太陽光発電装置において、上記回転体の断面の上記回転軸の一方の側の曲線は、上記光電変換装置の最も開口面に近い部分、または上記型光電変換装置の上記回転軸の他方の側に位置する表面上に焦点を持つように描かれた、放物線の一部、円弧または上記放物線の一部と上記円弧との間に位置する曲線の一つの形状をなしていることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項9】請求項1乃至8のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置において、上記光電変換装置の上記

反射面と接している上記部分に連続した部分が上記反射鏡の外にはみ出しており、このはみ出した部分に電極が形成されていることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項10】請求項1乃至9のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置において、上記反射面には上記軸の長さ方向にV溝が形成されていることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項11】請求項1乃至10のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置において、上記媒体の光の入射面は曲面であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項12】請求項1乃至11のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置において、該集光型太陽光発電装置の上記光の入射面側から見た投影面は4角または6角形状であることを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項13】請求項1乃至12のいずれか一項に記載の集光型太陽光発電装置において、上記光電変換装置の上記開口面側に設置された板状の電極を有することを特徴とする集光型太陽光発電装置。

【請求項14】請求項1乃至13に記載の集光型太陽光発電装置を複数個モジュール化したことを特徴とする集光型太陽光発電モジュール。

【請求項15】請求項14記載の集光型太陽光発電モジュールにおいて、上記反射鏡に充填された上記媒体は上記複数個の集光型太陽光発電装置間で連続していることを特徴とする集光型太陽光発電モジュール。

【請求項16】請求項14記載の集光型太陽光発電モジュールにおいて、上記複数個の集光型太陽光発電装置の上記光の入射面は保護板でおおわれており、上記媒体および上記保護板は同一材で互いに連続して構成されていることを特徴とする集光型太陽光発電モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光電変換装置を用いた集光型太陽光発電装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来は数～数十cm径の半導体基板を用い、これらを加工作して光電変換装置を形成している。しかし、太陽光発電システムにおいては発電コストを低減するために太陽光発電装置のコスト低減が求められており、この一手段として図4に示す太陽光発電装置がある。この太陽光発電装置では上記のようなウエハーを用いず、より安価に製造できる球状の半導体材料を用い、これをアルミ支持基板4に固定して光電変換装置1を形成している。この方法は、例えば「第22回 IEEE

ホトボルトタイク スペシャリスト コンファレンス」、1991年、1045-1048ページに記載されている。

【0003】

TI

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、球状の光電変換装置 1 を複数個アルミ支持基板 4 上に配置する際に、アルミ支持基板 4 の表面を光電変換装置 1 で 100% 埋めることができない。このため、入射光 16 のうち光電変換装置 1 に直接入射しない光の大部分が球状の光電変換装置 1 に入射せず装置外に逃げてしまい発電に寄与しないため、これを用いた太陽光発電装置の光電変換効率を高めることが出来ない。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】上記従来技術のように単に球状など光電変換装置を複数個基板上に配置するのではなく、光電変換装置を集光装置と組み合わせた集光型太陽光発電装置を形成する。具体的には、集光反射鏡と、該集光反射鏡の曲面状の反射面と開口面とで囲まれた空間内に、少なくともその一部が位置するように設置された光電変換装置と、上記空間を充填している空気より屈折率が高い媒体を有し、上記反射面の形状は、上記開口面および上記空間を通る軸を含む任意の面で切り出される上記反射面の断面の上記軸の両側の辺がそれぞれの辺上の任意の 2 点の中の上記開口面側の点が他の点と上記軸から等距離に位置する関係および上記他の点より外側に位置する関係の中の少なくとも上記外側に位置する関係となる上記軸が存在する形状であり、上記空間内に位置する上記光電変換装置の半導体材料で構成された部分の上記軸に平行な平面への投影像の上記軸方向の最大高さは、上記軸に直角な平面への投影像の最小幅の 5 分の 1 以上である集光型太陽光発電装置により上記課題を解決することが出来る。

【0005】また、上記半導体材料は球状や直方体状であっても良い。さらに、集光反射鏡の反射面の形状を回転体としても良い。この場合の上記軸は回転体の回転軸である。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】まず、集光反射鏡の形状について説明する。説明を容易にするために、集光反射鏡の反射面の形状が回転体の例を図 2 および図 3 を用いて説明する。集光反射鏡の曲面状の反射面の 3 次元構造の形状は、図 2 では回転軸 8 の回りに直線（曲率ゼロの曲線）6 を回転して得られるコーン状であり、図 3 では回転軸 8 の回りに円弧 6 を回転して得られる torus 状である。太陽光発電装置 1 は、集光反射鏡の開口面と反射面で囲まれた空間内に設置され、この空間に空気より屈折率の高い媒体が充填されている。また、図 2 および図 3 の例では、反射面が光の入射面側に近づくに従って外側に広がる形状となっているが、その一部に、外側に広がらず同じ広さの形状の部分が存在していても良い。すなわち、回転体形状を持った反射面の一部が回転軸に平行であっても良い。

【0007】また、本発明の本質から見ると、このような回転体でなくても効果がある場合がある。すなわち、

反射面が光の入射面側に近づくに従って外側に広がるような形状であれば回転体でなくても良い。またその一部に、外側に広がらず同じ広さの形状の部分が存在していても良い。その一例として図 10 がある。図 10 では、曲率が異なる 2 つの曲線を 1 本の回転軸で回転して得られる 2 つの回転体の側面の一部を使用し、かつこれらの側面を他の面でつなぎ合わせて 1 つの曲面に合成している。この X-Z 断面形状は長円である。

【0008】次に、光電変換装置の上記空間内に存在する部分の形状について説明する。

【0009】光電変換装置の半導体材料で構成された部分の形状が球状の場合は、これを光反射鏡の曲面状の反射面と開口面とで囲まれた空間内に設置する場合、図 23 に示すように球状の半導体材料の上記空間内に存在する部分の上記軸 8 に直角な平面 110 に投影された形状 107 は同図 (b) に示すように円となり、その幅 109 は上記球状の半導体材料が反射面 3 に接する部分の円の直径となる。また上記軸に平行な面に投影された形状 108 は同図 (c)、(d)、(e) に示すような円の一部となり、この形状の上記軸方向の高さ 110 は上記光電変換装置の設置される位置によって変化する。このように光電変換装置を設置する場合には、上記高さが上記幅の 5 分の 1 以上となるように設置することにより、光学効率の高い集光型光電変換装置を形成することができる。

【0010】さらに、光電変換装置の半導体材料の形状として直方体を用いて上記軸が直方体の 1 つの面に直角になるように配置した場合は、図 24 に示すように、上記幅 109 は同図 (b) に示すように対向する辺の幅の短い方であり、上記高さ 110 は同図 (c)、(d)、(e) に示すような長方形の高さとなる。この場合においても上記高さが上記幅の 5 分の 1 以上となるように設置することにより、光学効率の高い集光型光電変換装置を形成することができる。

【0011】さらに反射面の形状および光電変換装置の配置を一般化すると、上記課題を解決するための手段の第 1 段落の記述のようになる。

【0012】次に、それと反射面とで囲まれた空間を形作る開口面について図 22 を用いて説明する。図 22

(a) に示すような、反射面 3 の端部に凹凸がない場合は、光入射面側（図の上部）の反射面 3 の端部を外周部 104 とする平面が開口面であることは容易に理解できる。また、図 22 (b) に示すように反射面の端部に凹凸がある場合は、反射面 3 の端部の中で、最も内側（図の下側）に位置する点 106 を含む平面 105 と反射面 3 との交線を外周部 104 とする平面が開口面となる。言い換えると、その平面以外の部分はすべて反射面で囲まれた空間の中で、体積が最も大きい空間を形作る平面が開口面である。

【0013】上記のような光電変換装置を用いた集光型

太陽光発電装置に関する本発明の実施の形態を図1を用いて説明する。図1(a)には球状の光電変換装置1と反射面3を組み合わせて集光装置7とした集光型太陽光発電装置を、同図(b)には直方体状の光電変換装置1と反射面3を組み合わせて集光装置7とした集光型太陽光発電装置を示す。このように光電変換装置1と反射面3を組み合わせるにより図2(a)に示すように入射光16は反射面3によって反射され光電変換装置1に入射する。この反射面3は図2(e)に示すように回転軸8を中心に直線6を回転して反射面3を形成する。この反射面3の内部に光電変換装置1を上面および斜面で集光装置に接するように設置する。これにより入射光16は反射面3で反射され光電変換装置1に入射する。このように反射面3を設置することにより、入射光16の入射角度が大きい場合や、入射光16が集光装置表面10の端に入射した場合などに直接光電変換装置1に入射しない光も反射によって光電変換装置1に集光することが出来る。また、反射面内部2に屈折率が空気より高い媒体を充填することにより、入射光16が集光装置表面10で屈折により曲げられるため、実質的に入射角を小さくすることが出来る。さらには反射面3で反射を繰り返して集光装置表面10に光が当たった場合に、その角度によっては集光装置表面10で全反射し再び集光装置7内部に閉じ込められるため、光学効率が高くなる。この形状においては、上記の反射面3の光入射面側(上部)の端面を外周とする円形の平面を開口面と定義する。

【0014】このような集光型太陽光発電装置の集光反射鏡の反射面の形状においては、上記回転軸を含む任意の面で反射面を切り出したときに、この断面の軸の両側のそれぞれの辺の形状は、その辺の任意の2点の中の開口面側の点が一つの点よりも回転軸から遠くに、すなわち外側に位置する。

【0015】この構造において直線6と集光装置表面5とのなす角度 $\theta$ は、主に集光したい太陽光の最も傾いた光の入射角を $\theta_{in}$ 、集光装置7内部の屈折率を $n$ とすると反射面3で反射された光が集光装置表面10に当たり全反射するための条件は

$$\theta > \{\arcsin(1/n) + \arcsin(\sin(\theta_{in})/n)\} / 2$$

である。 $\theta_{in} = 23.5$ 度、 $n = 1.5$ とすると、 $\theta > 28.6$ 度となる。

【0016】集光倍率を(集光型太陽光発電装置の水平面への投影面積)/(光電変換装置1の水平面への投影面積)とすると、この場合の集光倍率は約1.2倍となる。

【0017】次に曲線6を回転して反射面3とし、これに光電変換装置1を組み合わせた場合について図3を用いて説明する。図3(a)には回転体の鳥瞰図、同図(b)には上面図、同図(c)には側面図、同図(d)には正面図、同図(e)には回転方向の説明図を示す。

【0018】この集光装置7においては反射面3で反射

された光がより効率良く光電変換装置1に入射するようにするために曲線6の回転体からなる反射面3を用いている。これにより、反射面3で反射される場合に、集光装置表面10の端に入射した光は中心部に入射した光よりも大きく角度が変わるため、光電変換装置1に入射する確率を高くすることが出来る。

【0019】図5(a)に曲線6として円弧を用い、光電変換装置1として球状の光電変換装置を用いた場合について説明する。対称軸12の左側に入射する光16について考えると、23.5度傾いた光が屈折率1.5の媒体で満たした集光装置の表面10を通過すると傾きは15.4度となる。この傾きの光が光電変換装置1の右端中央部に入射するためには、円弧6の焦点15が光電変換装置1の右端中央部にある必要がある。円の焦点距離は半径の約0.476の距離にあるので光電変換装置1の幅を2とし、円弧の焦点15が光電変換装置1の右端中央部にあって、円弧が光電変換装置1の左端中央部を通過するように設計すると、円の半径が2.77、円の中心14の位置が光電変換装置1中心の上1.4、対称軸12の右1.39にくる。この円弧の光電変換装置1の左端中央部との交点から左側で高さが円の中心までの円弧6を対称軸12回りに回転することにより0度から23.5度の傾きを持つ入射光が光電変換装置1中心に入射するように反射面3を設計することが出来る。また、この設計では円の焦点距離は半径の約0.476としたが円弧の端で反射された光の焦点距離が短くなるため実際には23.5度以上傾いた光でもこの円弧6を用いて集光することが出来る。この説明では23.5度傾いた光について説明したがこれ以外の傾きについても同様に設計することが出来る。

【0020】上記のような例では、回転体からなる曲面状の反射面の断面においては、上記の反射面3の光入射面側(上部)の端面を外周とする円形の平面が開口面である。このように円弧を用いた場合は円弧の傾きが開口部端で垂直となる。また、反射面の開口部側の端部に垂直な鏡面を追加しても鏡面の反射率が高い場合は光学効率が低下しない。このため、これらの場合には、上記断面の軸の両側のそれぞれの辺の形状は、その開口面側の端部では、辺の任意の2点が軸から等距離に位置するようになることがあるが、少なくとも開口面に遠い部分では開口面側の点が外側に位置する。

【0021】図5(b)に光電変換装置1として直方体状の光電変換装置を用いた場合について説明する。この場合も基本的に図5(a)について説明したように設計することができる。円弧の焦点15の位置は直方体状の光電変換装置1の右側面の上端17から下方に位置させることにより効率よく入射光を集光することが出来る。このように設計した円弧を対称軸12の回りに回転させ、この回転体と直方体状の光電変換装置1の側面との交点から円弧の中心と同じ高さの部分までを反射面3と

することにより集光効率の高い集光型太陽光発電装置を形成することが出来る。

【0022】また、上記の図5(a)の形状の変形として、図6(a)のように焦点15が球状光電変換装置1の天頂部にある形状や、これらの中間の位置、すなわち球状光電変換装置1の右側の面上で反射面の内側に位置する部分に焦点を持つ形状でも高い集光効率を得る事が出来る。さらには、図6(b)のように焦点15が球状光電変換装置1の天頂部より高い位置にあるものなどでも、天頂部と焦点15の位置があまり大きく離れていなければ十分に高い集光効率を得られる。

【0023】次に、曲線6として放物線を用いた場合の反射面3の設計法について図7を用いて説明する。

【0024】基本的には図5を用いて説明した円弧を用いた場合と同様である。放物線は焦点距離を $p$ とすると $x-y$ 平面では $y = (x^2)/4p$ と表される。この曲線を中心軸13と $y$ 軸が一致するように傾けて、放物線の原点14と焦点15が中心軸13上を通り焦点が光電変換装置1の右端中央部にくるようにする。また、この放物線6が光電変換装置1の左端中央部を通るように設計すると放物線6が得られる。この場合、集光装置表面10は放物線の傾きが垂直になる所まで高くすることが出来る。しかし、これでは集光装置の高さが光電変換装置1に比べて非常に高くなり、ひいては集光型太陽光発電装置の高さが高くなってしまふ。また、この高さが高いと、この集光装置で確実に集光できる最も傾いた光の角度より大きい角度の入射角を持つ入射光はほとんど光電変換装置1に集光することが出来なくなる。このため、集光倍率と光学効率の積が最も高くなるように集光装置表面10の位置を決定することが重要である。

【0025】これまで述べたように第1の曲線としては円弧反射鏡、放物線反射鏡などが代表的な形状として考えられるが、光電変換装置の製造コストと集光倍率および光学効率を勘案して集光型太陽光発電装置の製造コストが最も小さくなる構造を採用することが望ましい。この様な構造においては、上記円弧反射鏡、放物線反射鏡に加えてこれらの間の曲率を持つ曲線反射鏡を用いることが好ましい場合がある。また、工作精度の限界や、工作コスト面での制約からあえてこれらの曲線に精度良く一致した曲線反射鏡を用いず凹凸部の曲率を小さくしたり面精度を下げて作成する場合が生じることが考えられる。これらの場合においても曲線反射鏡の主な部分を上記設計の曲線の形状に近づけることにより集光型太陽光発電装置の製造コストの低減が図れることはいうまでもない。

【0026】また、上記例では球状の光電変換装置の上半分が反射鏡内に設置される形状について説明したが、光電変換装置がこれよりも高い位置や低い位置に設置されていてもよく、特に反射面形状を集光倍率の高い形状とした場合はむしろ光電変換装置を上側に設置したほう

が光学効率が高くなる。

【0027】上記の反射面形状の変形として、図21(a)、(a')に示すように、反射面の断面が折れ線になるような凸部を持つ、言い換えると、異なる傾きを持つ複数の反射面を組み合わせた形状を持つ多段反射面100によって上記の反射面を近似することが考えられる。また、図29(b)、(b')に示すように、上面から見た場合に多角形になるように形成した場合は、断面形状が曲線の場合には縦方向の多段反射面の、折れ線の場合には多面体の多段反射面または集光反射多面を持つ。これらの形状を用いても光学効率の高い反射面を作ることが出来る。

【0028】また、上記の集光型太陽光発電装置において、反射面19としての断面が溝構造を持つ溝付きの反射面を採用した構造について図8を用いて説明する。この溝は回転体形状をした反射面19の上に回転軸方向に向かって形成されている。同図(a)に示すように反射面3で反射された反射光20が光軸22に沿って走る場合、この光が集光装置表面10に入射する角度24が全反射するには大きすぎる場合、この光は集光装置表面10を透過して集光装置外へ出射してしまう。しかし、同図(b)に示すように溝付きの反射面19で反射されると、この溝により光軸23に沿って反射されるため反射光21と集光装置表面10とが成す角度が同図(a)の場合よりも小さくなる。このため集光装置表面10で全反射し再び集光装置内部に折り返されるため集光効率が高まる。

【0029】上記のような集光型太陽光発電装置を複数個用いて集光型太陽光発電モジュールを形成する場合には図9(a)に示すように各集光装置表面10の向きを一定にしてモジュールを形成する。しかし、これではモジュール表面に入射した光29が全て同一方向に反射されてしまう。このためモジュールの表面に鏡を設置したのと同じになり、太陽光の角度によっては周辺に反射光30によるスポットが生じ、まぶしさによる不快感を与えたり、場合によってはこれが原因となって事故を引き起こすことも考えられる。この様な反射光による害の発生を防止するために集光装置表面10の表面を曲面にしたり、各集光装置表面10の表面を若干傾けて、その傾きを各方向にバラバラに向けることにより反射の害を低減することが考えられる。この一例として、図9(b)に示すように集光装置表面にレンズ状の曲面28を設けた場合、この曲面28の曲率が大きくなるほど反射による害は低減できるが集光装置の光学効率は低下する。また、凹凸が大きくなると塵埃がモジュール表面に堆積しやすくなってしまふ。特に光学効率の低下を抑制するためにはレンズ厚みをレンズ幅の15%以下に抑える必要がある。

【0030】また、上記レンズの形状としては、図20(a)、(b)、(c)に示すような凹凸面からなる集

光型太陽光発電装置表面 90°を Y 軸回りに回転して得られるレンズ状などの回転体表面や、これらを Z 軸方向に長く伸ばして得られるシリンドリカルレンズなどの 2 次元的な曲面などが考えられる。

【0031】太陽光の中で約 70% を占める直達光成分は春分の傾きを中心に季節に応じて  $\pm 23.5$  度南北に傾き、朝晩では水平から南中時の角度まで主に東西方向に大きく変化する。このため集光装置の集光特性を東西方向に強くなるように設計し、南北方向には主に  $\pm 23.5$  度の光のみ集光できるように設計することにより集光倍率を高くすることが出来る。この例を図 10 を用いて説明する。例えば円弧と放物線を用いて曲線を作る場合、図 10 の Z 軸に沿った東西方向の曲線に極率の大きい円弧を用い X 軸に沿った南北方向の曲線に曲率の小さい放物線を用いることにより円弧のみを用いた場合に比べて集光倍率を高くすることができる。この場合、東西方向と南北方向の間にある曲線については曲率を徐々に変化させてなだらかな反射面を作る。すなわち、X-Z 断面形状が長円になっている。このような反射面では、図 10 の Y 軸を含む断面の両辺は対称であり、これらの辺の中で曲率の最大値を有する Z 軸方向の反射面の断面と最小値を有する X 軸方向の反射面の断面とは直交している。

【0032】これまでに述べた集光型太陽光発電装置を複数個用いて集光型太陽光発電モジュールを形成する方法について図 11 を用いて説明する。上面から見た形が円や長円などの形をした集光型太陽光発電装置 35 を組み合わせる場合、図 11 (b) のように集光型太陽光発電モジュール 37 内に集光型太陽光発電装置 35 で埋まらない空間 36 が形成される。このため、集光型太陽光発電モジュール 37 内の集光型太陽光発電装置 35 の充填効率が低下し集光型太陽光発電モジュールの光電変換効率が低下してしまう。これを防ぐために図 11 (a) に示すように集光型太陽光発電装置の外周 33 に内接する六角形 34 で集光型太陽光発電装置を切り落としてこれらを組み合わせて図 11 (c) に示すような集光型太陽光発電モジュール 37 を形成することにより充填効率を 100% とすることが出来る。また、この形状は六角形に限らず四角や三角でも充填効率を高めることが出来る。

【0033】上記の形状をした集光型太陽光発電装置を単独で使用する場合は、六角形に切り落とされた側面に反射鏡を形成しこの面を反射面とする必要がある。これは、この面に入射した光が集光型太陽光発電装置の外部に出射してしまい光学効率が低下するのを防ぐためである。この場合は上記六角壁 34 の上側の六角形が開口面となる。しかし、六角形の集光型太陽光発電装置を複数個用いて集光型太陽光発電モジュールを形成する場合は集光型太陽光発電装置の切り出された端面に反射鏡を形成しなくても、この面に入射した光は隣接する集光型太

陽光発電装置に入り、その集光型太陽光発電装置内に設置された光電変換装置に入射するため、集光型太陽光発電モジュール全体としては光電変換効率は低下しない。また、逆にこの集光型太陽光発電装置には隣接した集光型太陽光発電装置から光が入るため実質的には集光型太陽光発電装置の光電変換効率や光学効率は六角形の側面に鏡を形成したものと形成しないもので違いはなくなる。むしろ、反射鏡の反射率を考慮すると反射鏡が無い方が有利である。また、反射鏡を形成しない場合は個々の集光型太陽光発電装置を形成した後組み合わせるのではなく、これらの集合体を連続した一体型の集光装置として形成することが出来るため製造コストの低減が図れる。このような形状では、図 30 (b) に示すように反射面 3 の端部の中で、最も内側 (下側) に位置する点 106 を含む平面 105 の反射面 3 の内側の部分を開口面とする。この場合も、図 30 (a) のような形状と同様に開口面より内側 (下側) に位置する部分には必ず集光反射鏡の反射面が存在する。

【0034】図 10 で説明したように集光型太陽光発電装置の外形が円ではなく長円状をしている場合は、この外周を正六角形ではなく図 12 (a) に示すように縦に長い六角形で切り出したものを図 12 (b) のように組み合わせることにより集光型太陽光発電モジュール内の集光型太陽光発電装置の充填効率を 100% とすることが出来る。

【0035】図 13 に集光型太陽光発電モジュールの全体図を示す。集光型太陽光発電モジュールの外形を凹凸のない四角形にする場合は半分または 4 分の 1 に切った形の集光型太陽光発電装置を用いる必要がある。この場合は第 1 の 1/2 集光型太陽光発電装置 39 と第 2 の 1/2 集光型太陽光発電装置 40 や 1/4 集光型太陽光発電装置 41 などではそれぞれの光学特性の違いや対称性の違いから発電特性が違ってくる。このためこれらの集光型太陽光発電装置で発電した電力を取り出す場合はそれぞれの型の集光型太陽光発電装置同士で結線したり、対称性を考慮してこれらを組み合わせるなどの工夫することにより集光型太陽光発電モジュールの発電量を最適化することが出来る。

#### 【0036】実施例 1

40 図 14 に本発明の実施例 1 の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの構造を示す。同図 (a) には反射面 3 に円弧の回転体を用いた例を示す。また、同図 (a') には反射面 3 に直線の回転体を用いた例を示す。これらの集光型太陽光発電装置においては光電変換装置 1 として単結晶シリコンを用いた直径 2 mm の球状の光電変換装置を用いた。集光装置は、円弧または直線の回転体からなる反射面を六角壁で切り取り、下部に球状の光電変換装置を入れるためのくぼみを付けた形状を複数個面上に配置した形をした金型を作成し、この中に屈折率約 1.5 のガラスまたはアクリル系の樹



脂を充填し、金型から取り出した後、この裏面にアルミ薄膜を真空蒸着法により形成して約95%の反射率を持つ鏡面とすることにより一体成型した。この集光装置の中の個々の反射面3の中心下部のくぼみに光電変換装置1の半球部分ば反射面の内側に入るようにEVA透明樹脂を接着剤に用いて固定し、アルミ製のフレーム42内にカバーガラス58とともにはめ込むことにより同図

(b)に示すような集光型光電変換モジュールを作成した。この場合は、反射面と開口面で囲まれた空間内にある半導体部分の幅は2mm、高さは1mmであり、高さは幅の2分の1である。このA-A'断面図を同図

(c)に示す。このように断面は大小の回転体の断面が並んでいる。集光型太陽光発電装置のサイズが小さい場合は集光装置内部の充填材とカバーガラスの材質を同じにして一体成型することも出来る。主な集光型太陽光発電装置には第1の配線59および第2の配線60を接続し、それぞれ直列または並列に結線した。また、1/2集光型太陽光発電装置40に接続された第3の配線61および第4の配線62は1/2集光型太陽光発電装置40どうして結線し、これを並列接続したのち更に第1の配線59および第2の配線60と直列または並列に結線した。またB-B'断面は同図(d)に示すような形状である。

#### 【0037】実施例2

図15に本発明の実施例2の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの構造を示す。主な部分は実施例1と同様であるが、カバーガラスの表面をレンズ状表面63とすることにより反射光による害の発生を防いだ。このレンズの形状としては、集光型太陽光発電装置表面の外周の幅の8%の高さを持つ球面レンズ形状を採用した。

#### 【0038】実施例3

図16に本発明の実施例3の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの構造を示す。同図(a)に示すように集光反射側面19には断面に溝を形成した円弧と放物線の複合した回転体を用い、これを縦長の六角で切り出し、更にこの側面に開き角140度の溝を持つ形状の金型を作成した。これを用いて実施例1と同様の方法で集光型太陽光発電モジュールを作成した。この集光型太陽光発電装置では光電変換装置1として多結晶シリコンを用いた直径1mmの球状の光電変換装置を用いた。

#### 【0039】実施例4

図17に本発明の実施例4の集光型太陽光発電装置の構造を示す。本発明の集光型太陽光発電装置においては、反射面の外周が円の場合は上面から見て円対称である。また、長円の場合は長軸および短軸を通る面が対称面となる。更に、六角側面を持つ場合は頂点を結ぶ面や相対する2辺のそれぞれの中点を結ぶ面が対称面となる。図17(b)のようにこれらの面に入射した光がこの面に

置かれたミラー64で反射された場合と、ミラーがなくそのまま透過した場合を考えると反射光67と透過光66は対称面に対して反対向きに対称に進む。つまり、対称面で集光型太陽光発電装置を折り返してみると透過光も反射光も同じ軌跡を通過する。よって、これらの光が反射を繰り返しながら通過する軌跡は実質的に同じである。よって、反射率100%の鏡を置いた場合は、鏡が無い場合と全く同じ光学効率を持つ。よって、ミラー64の反射率が高く厚みが集光型太陽光発電装置の幅に比べて十分に小さい場合は対称面に反射面が存在しても集光型太陽光発電装置の光学特性をほとんど低下させることはない。そこで、図17(c)に示すように反射率の高い板状の銀またはアルミで電極70を形成し、電気接触を取るために半田または導電性ペーストを用いて光電変換装置1と接続した。これにより、光電変換装置1から引き出す電極の面積を大きくすることが出来るため電極抵抗によるパワーロスを低減することが出来た。

【0040】これまでの説明では、光電変換装置として単結晶シリコンを用いた球状の太陽電池や多結晶シリコンを用いた球状の光電変換装置を用いた例を示した。しかし、本発明に用いられる光電変換装置としては上記の光電変換装置の構造に限る必要はなく、光電変換部の主な材料として単結晶または多結晶シリコン以外にアモルファスシリコンやGaAs、CIS、CdTe、InPやその他の化合物などを原料としたものでも良いことはいまでもない。

【0041】また、上記実施例では図18(a)、(c)に示すような球状や立方体状の半導体材料を用いて光電変換装置を形成した例を示したが、図18(b)に示すような球を引き伸ばした形や同図(d)のような8面体、さらにはピラミッド状やこれらの表面に凹凸や突起を持つ形状やこれらを二つに割った形状などでもよいことは言うまでもない。

【0042】また、これらの形状をした光電変換装置のうち反射面の外部にはみ出している部分の形状は入射光の集光には全く寄与しない。このため、この部分の形状はどのような形をしていても良く、この部分に電極や電極とのコンタクトを配置することにより外部配線と容易に結線することが出来る。

#### 【0043】実施例5

図19に本発明の実施例5の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの構造を示す。同図

(c)に住宅の屋根に集光型太陽光発電装置を設置した場合の南北方向の断面図を示す。北側屋根77や南側屋根88の表面は、一般に垂線78から緯度と同じ角度傾いた軸79に垂直になってはおらず、特に北屋根では大きく傾いている。この角度82をずれ角と呼ぶことにする。このようにずれ角を持つ条件で集光型太陽光発電モジュールを設置する場合には、あらかじめ集光型太陽光発電モジュールに垂直な軸81からずれ角82だけ傾い



た方向から太陽光が入射するように設計することが望ましい。このために、同図 (a) に示すように反射面 3 の回転対称軸 12 をずれ角 8 2 だけ傾けて集光型太陽光発電装置表面 8 3 を従来の集光型太陽光発電装置表面 8 4 からずれ角だけ傾いた面とするように反射面を切り出し形状とした。これを複数個用いて同図 (b) のような集光型太陽光発電モジュールを形成した。この集光型太陽光発電モジュールを北側屋根 7 7 に設置することにより、発電量を増加させることが出来た。また、実際には集光型太陽光発電装置表面 8 3 で入射光が屈折するため、集光型太陽光発電装置内部の充填材の屈折率を  $n$ 、ずれ角を  $\theta_a$  とすると、

$$\theta = \arcsin(\sin(\theta_a)/n)$$

となる角度  $\theta$  だけ集光型太陽光発電装置表面 8 3 と従来の集光型太陽光発電装置表面 8 4 が傾くようにすることで更に集光効率を向上させることが出来た。

【0044】これまで、集光型太陽光発電装置や集光型太陽光発電モジュールの形状について述べたが、これらの形状は理想的な場合について述べており、実際には微細な山や谷が丸くなったり、切りしろやのりしろを確保したりする必要が出てくることが考えられるため、作成した集光型太陽光発電装置や集光型太陽光発電モジュールの形状が厳密に上記発明の形状と一致しない場合がでてくると思われる。しかし、本発明の構造や形状をほぼ踏襲していれば本発明の効果が得られることはいうまでもない。

#### 【0045】

【発明の効果】本発明によれば、太陽光発電モジュールに用いられる光電変換装置の面積を低減し、且つ充填効率を高めることが出来るため、太陽光発電モジュールの製造コストを大幅に低減することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 2】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 3】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 4】球状光電変換装置を用いた従来の太陽光発電装置の一構造図である。

【図 5】本発明の光電変換装置の一構造図である。

【図 6】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 7】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 8】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 9】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 10】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図で

ある。

【図 11】本発明の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 12】本発明の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 13】本発明の集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 14】本発明の集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 15】本発明の集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 16】本発明の集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 17】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 18】本発明の光電変換装置形状の説明図である。

【図 19】本発明の集光型太陽光発電装置および集光型太陽光発電モジュールの一構造図である。

【図 20】従来の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 21】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 22】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 23】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

【図 24】本発明の集光型太陽光発電装置の一構造図である。

#### 【符号の説明】

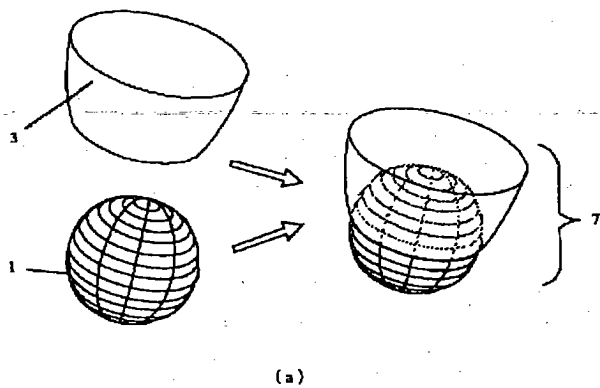
1 : 光電変換装置、2 : 反射面内部、3 : 反射面、4 : アルミ支持基板、5 : 集光装置表面、6 : 直線または曲線、7 : 集光装置、8 : 回転軸、10 : 集光装置表面、12 : 対称軸、13 : 中心軸、14 : 円弧の中心または放物線の原点、15 : 円弧または放物線の焦点、16 : 入射光、17 : 光電変換装置の上部右端、19 : 溝構造を持つ集光反射側面、20 : 反射光 1、21 : 反射光 2、22 : 光軸 1、23 : 光軸 2、24 : 角度 1、25 : 角度 2、26 : 第 1 の電極、27 : 第 2 の電極、28 : 曲表面、29 : 入射光、30 : 反射光、31 : 南北 (Z 軸) 方向曲線、32 : 東西 (X 軸) 方向曲線、33 : 集光型太陽光発電装置外周、34 : 六角壁、35 : 集光型太陽光発電装置、36 : 空間、37 : 集光型太陽光発電モジュール、38 : 六角形の集光型太陽光発電装置、39 : 第 1 の 1/2 集光型太陽光発電装置、40 : 第 2 の 1/2 集光型太陽光発電装置、41 : 1/4 集光型太陽光発電装置、42 : フレーム、56 : 電極配線用はんだ、58 : カバーガラス、59 : 第 1 の配線、60 : 第 2 の配線、61 : 第 3 の配線、62 : 第 4 の配線、63 : レンズ状表面、64 : ミラー、65 : 入射光、66 : 透過光、67 : 反射光、70 : 電極、71 : 外部電

15

極、76:南側屋根、77:北側屋根、78:垂線、79:垂線から緯度と同じ角度傾いた軸、80:緯度と同じ角度、81:集光型太陽光発電モジュールに垂直な軸、82:垂線から緯度と同じ角度傾いた軸と集光型太陽光発電モジュールに垂直な軸の成す角(ずれ角)、83:集光型太陽光発電装置表面、84:従来の集光型太陽光発電装置表面、85:高さ、86:幅、87:奥行き、88:球または直方体形状、100:多段反射面、

【図1】

図1

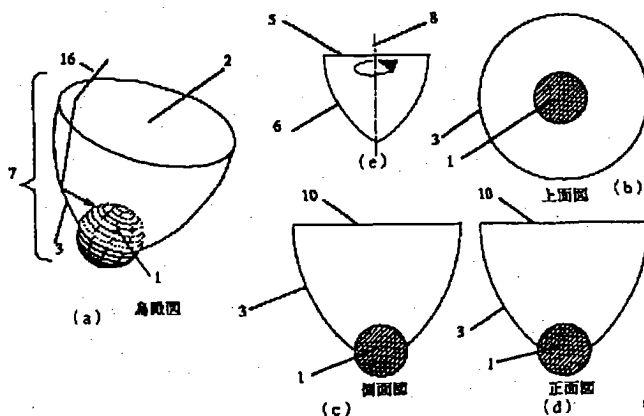


(a)

(b)

【図3】

図3



(a) 角図

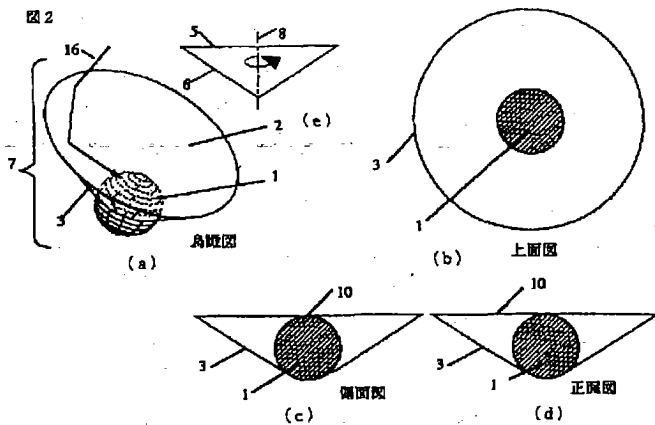
(d) 正面図

16

102:多段反射面または集光反射多面、104:開口面の外周部、105:開口面を含む平面、106:反射面の端部の中で内側に位置する点、107:空間内に存在する塊状の半導体材料の軸と直角な面に投影された形状、108:空間内に存在する塊状の半導体材料の軸と平行な面に投影された形状、109:幅、110:高さ。

【図2】

図2



(a) 角図

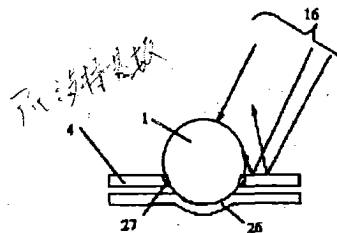
(b) 上面図

(c) 側面図

(d) 正面図

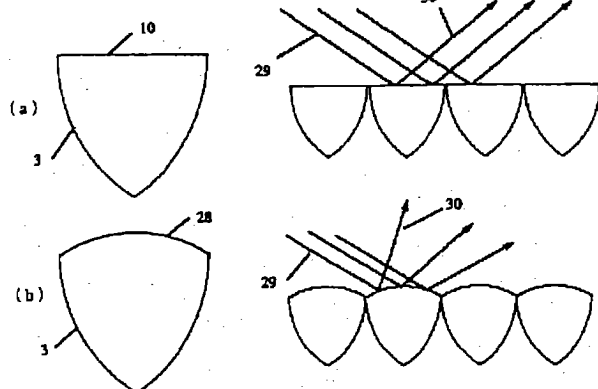
【図4】

図4



【図9】

図9

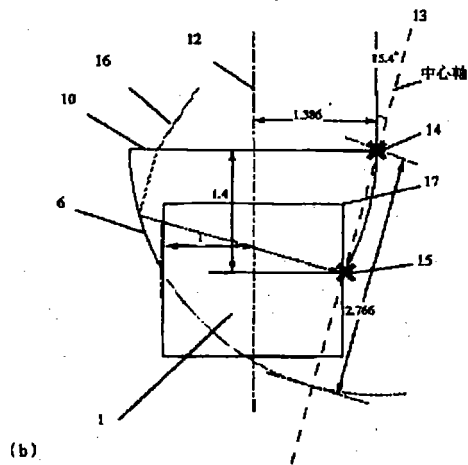
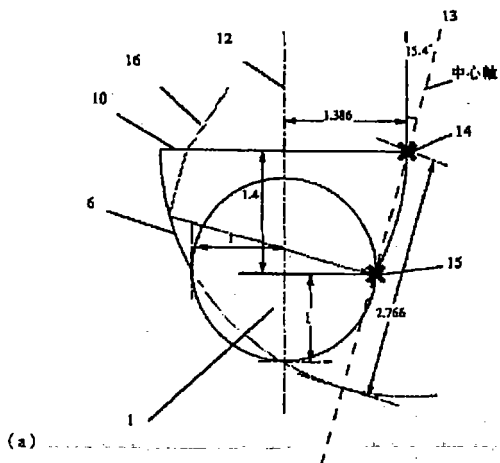


(a)

(b)

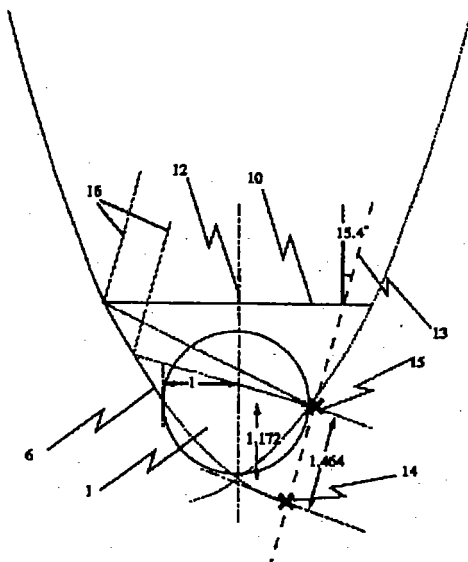
【図 5】

図 5



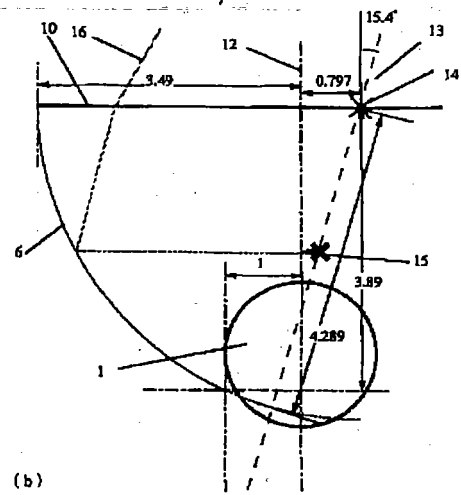
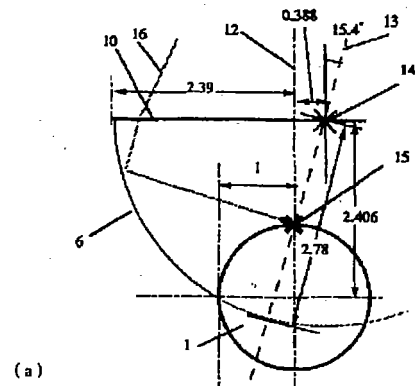
【図 7】

図 7



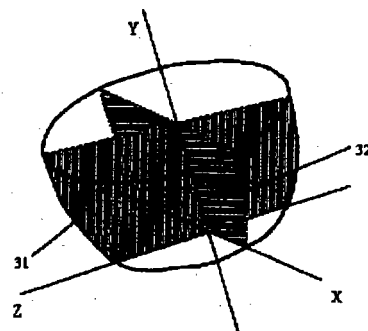
【図 6】

図 6



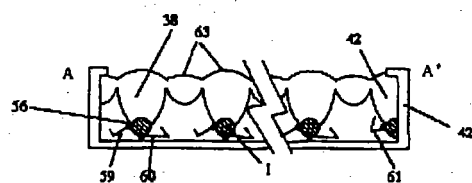
【図 10】

図 10



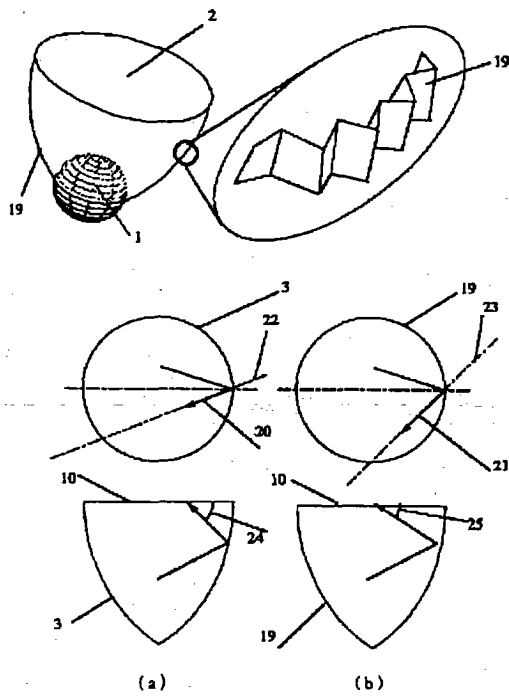
【図 15】

図 15



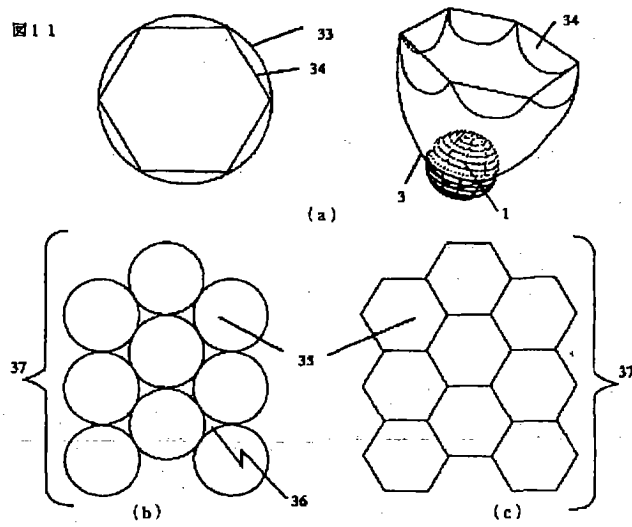
【図 8】

図 8



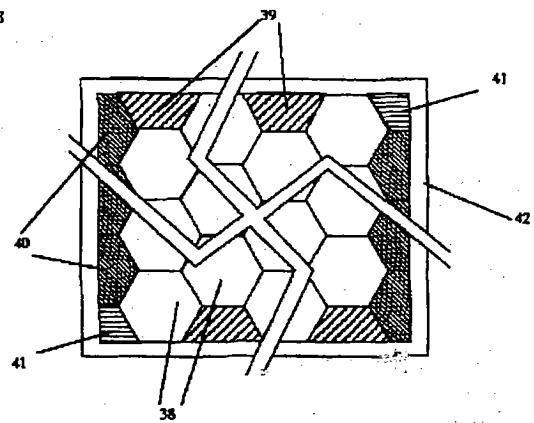
【図 11】

図 11



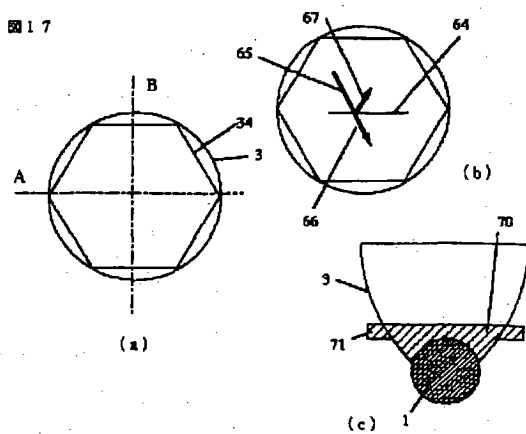
【図 13】

図 13



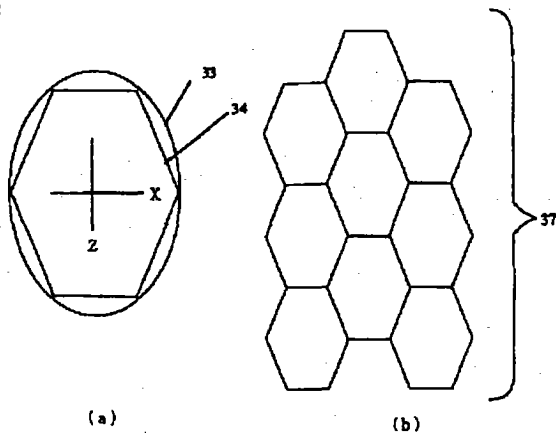
【図 17】

図 17

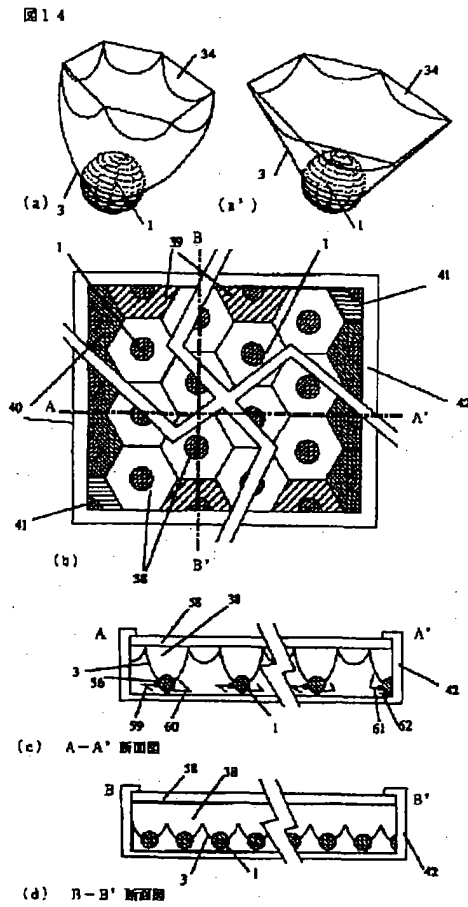


【図 12】

図 12

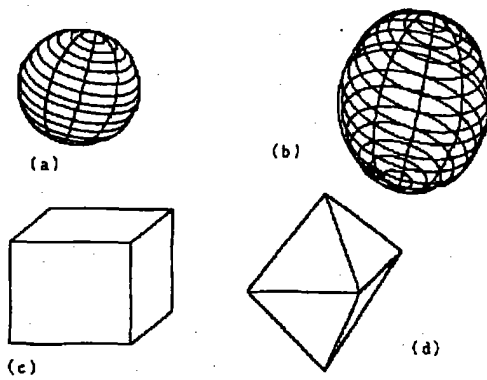


【図14】



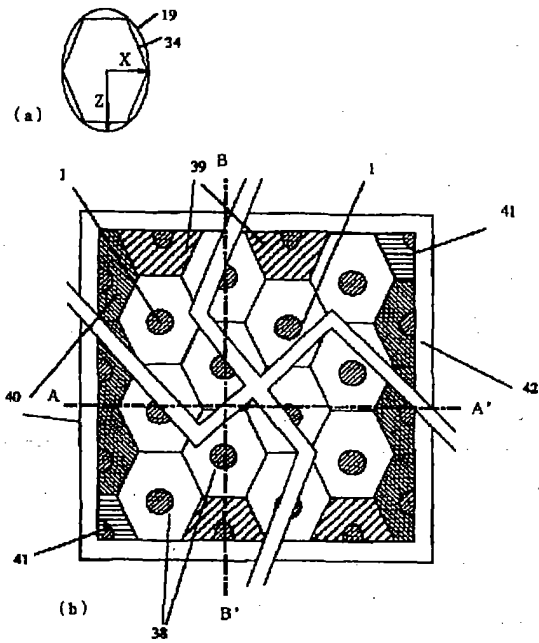
【図18】

図18



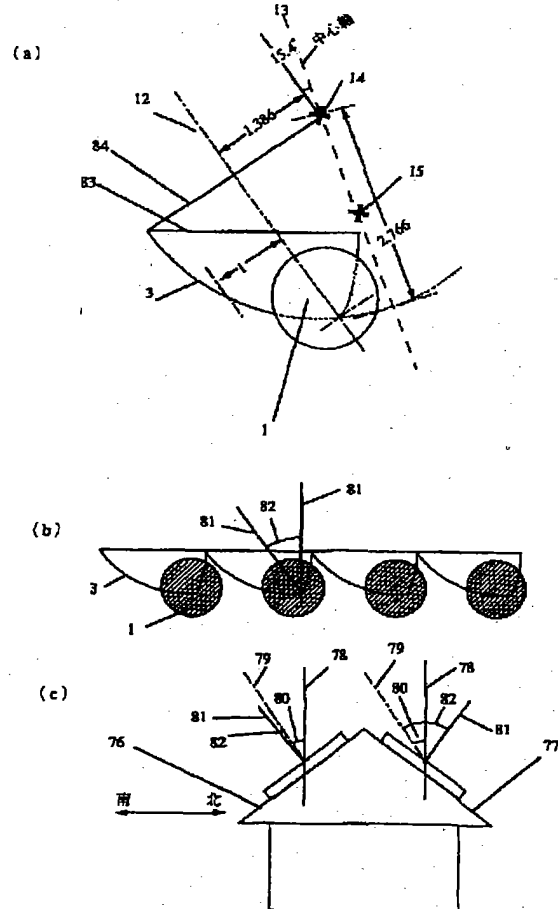
【図16】

図16



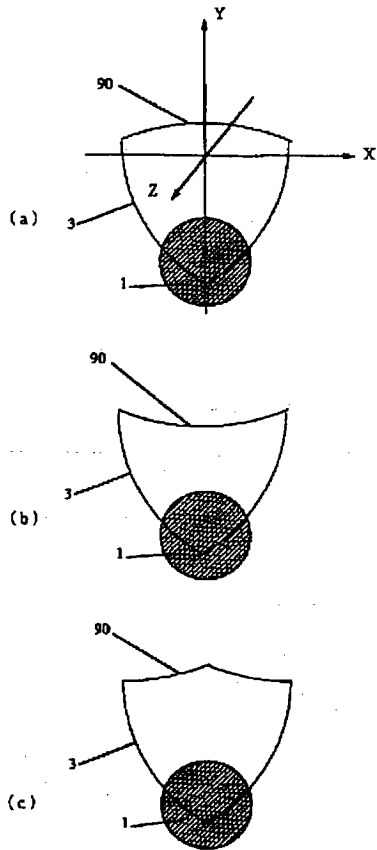
【図19】

図19



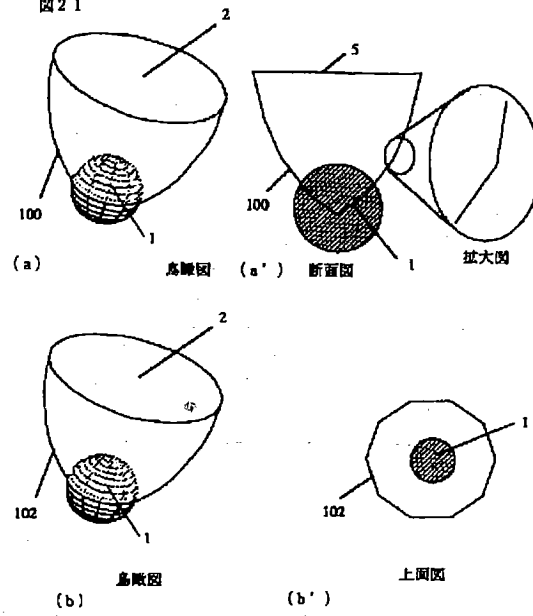
【図 20】

図 20



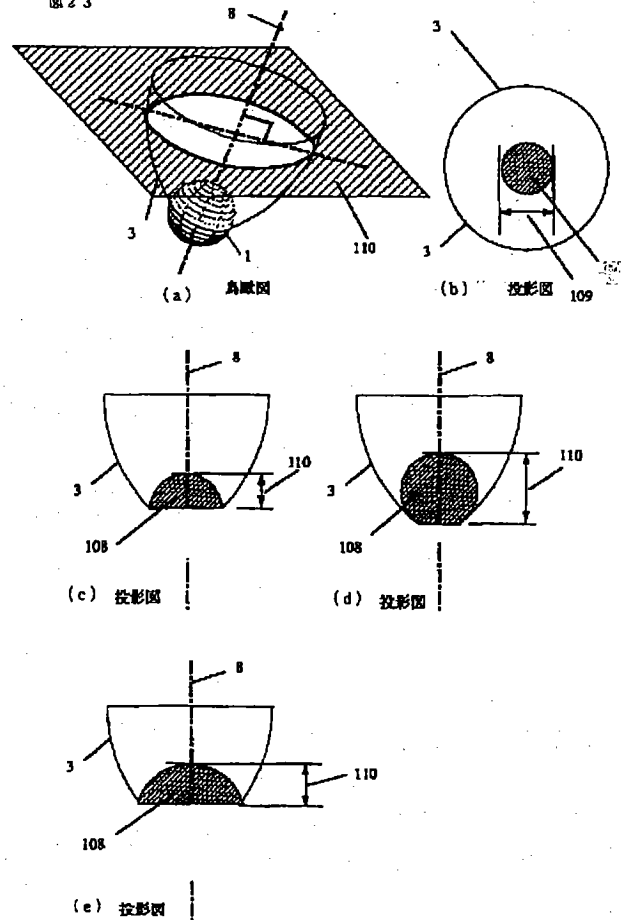
【図 21】

図 21



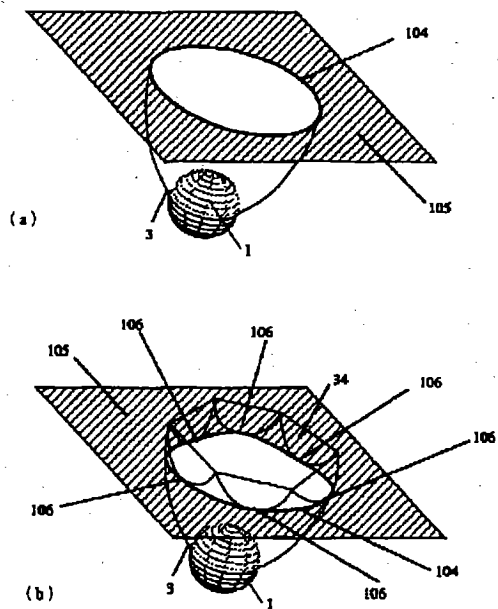
【図 23】

図 23

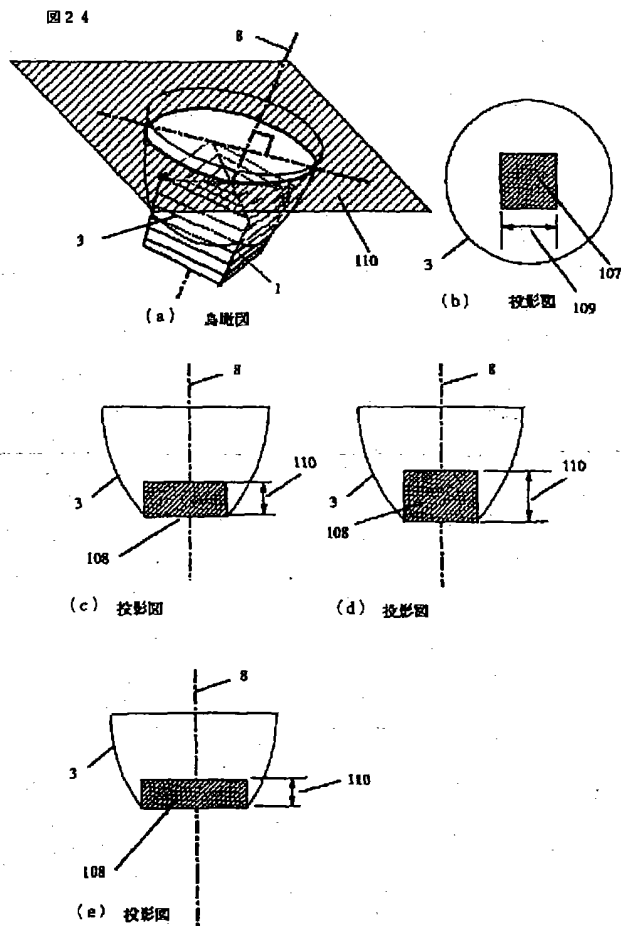


【図 22】

図 22



【図 2 4】



フロントページの続き

(72)発明者 村松 信一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 筒井 謙

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 大塚 寛之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内